

Prof. dr hab. inż. Marianna Jacyna,  
Prof. dr hab. inż. Tadeusz Basiewicz,  
Dr inż. Andrzej Gołaszewski  
Politechnika Warszawska

# PARAMETRY INFRASTRUKTURY TRANSPORTU DLA TWORZENIA MODELU SYSTEMU LOGISTYCZNEGO W POLSCE

## SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Infrastrukturalne elementy systemu logistycznego
3. Odwzorowanie struktury systemu logistycznego
4. Przegląd istniejących zinformowanych baz danych zawierających parametry infrastruktury transportu na potrzeby modelu SL
5. Wnioski

## STRESZCZENIE

*W artykule przedstawiono wyniki grantu rozwojowego R10 00270G/2009, pt. „Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej”, dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Opisano wieloszczeblową kwantyfikację elementów systemu logistycznego Polski. Wyszczególniono infrastrukturalne elementy punktowe i liniowe oraz określono charakterystyki tych elementów. Dokonano przeglądu istniejących zinformowanych baz danych, zawierających parametry infrastruktury transportu.*

## 1. WSTĘP

W Zakładzie Logistyki i Systemów Transportowych Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej jest realizowany projekt rozwojowy, pt. „Model Systemu Logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej”. Efektem projektu będzie propozycja modelu systemu logistycznego Polski, ujmującego aspekty efektywnego wykorzystania różnych form transportu, tj. uwzględniającego tzw. komodalność transportu [9]. Według dokumentów Komisji Europejskiej [8], komodalność transportu

to wydajne wykorzystanie form transportu działających odrębnie lub zintegrowanych multimodalnie w ramach europejskiego systemu transportowego w celu optymalnego i zrównoważonego wykorzystania zasobów. Uwzględniając tzw. komodalność transportu w procesie przemieszczania dóbr materialnych, należy zatem dążyć do racjonalnego wykorzystania dostępnych form transportu. Rola i znaczenie poszczególnych rodzajów transportu w systemie logistycznym Polski wynika z ich specyfiki oraz uwarunkowań w zakresie wielkości oraz relacji przewozu poszczególnych przepływów materiałowych.

Transport w logistyce jest rodzajem działalności bezpośrednio odpowiedzialnej za przemieszczanie produktów (materiałów i ładunków) pomiędzy stacjonarnymi elementami sieci i systemami logistycznymi, takimi jak zakłady produkcyjne, magazyny, punkty sprzedaży detalicznej [7]. Parametry infrastruktury transportu, podobnie jak jej rozmieszczenie, nasycenie w obszarach geograficznych, poziom techniczny konstrukcji i stan utrzymania, wpływają na możliwość przemieszczania, koszt, jakość i czas przewozu.

Dobór wartości parametrów infrastruktury transportu następuje w procesie jej wymiarowania i zazwyczaj jest poprzedzany opracowaniem prognozy potrzeb przewozowych. W zależności od trafności prognozowanego potoku ładunków w różnych okresach jej eksploatacji, mogą pojawić się wąskie gardła infrastruktury, wskazujące na potrzebę jej rozbudowy lub uzupełnienia.

Infrastrukturę transportu stanowią infrastruktury poszczególnych rodzajów transportu (kolejowego, samochodowego, lotniczego i żeglugi śródlądowej). Obserwowane wąskie gardła poszczególnych części składowych mogą być spowodowane:

- przeciążeniem infrastruktury transportowej obszaru,
- nienależytym rozłożeniem zadań przewozowych pomiędzy rodzajami transportu (jedne przeciążone, inne niewykorzystane).

Przemieszczanie ładunków pomiędzy poszczególnymi rodzajami transportu jest możliwe pod warunkiem istnienia odpowiednio rozwiniętej infrastruktury punktowej (punkty przeładunkowe, terminale). Każda operacja wpływa na zmianę parametrów przewozu takich, jak: czas, koszt czy jakość. Przyjęcie odpowiednich kryteriów umożliwia wybór najwygodniejszego sposobu organizacji przewozu oraz optymalizowanie procesów przewozu ładunków ze względu na czas, koszt i jakość. Na tej podstawie można także określić potrzebę dostosowania infrastruktury transportu do nowych zadań przewozowych lub poprawy kosztu i jakości przewozu.

Kształtowanie parametrów infrastruktury wiąże się ściśle z odpowiednim doбором parametrów techniczno-eksploatacyjnych taboru (pojazdów ładunkowych i trakcyjnych) używanego do przewozu.

## 2. INFRASTRUKTURALNE ELEMENTY SYSTEMU LOGISTYCZNEGO

### 2.1. Rodzaje elementów systemu logistycznego

System logistyczny definiuje się jako zbiór elementów powiązanych ze sobą organizacyjnie w taki sposób, aby można było sprawnie realizować przemieszczanie ładunków (dóbr rzeczowych, usług) od nadawców do odbiorców, uwzględniając niezbędne przekształcenia po drodze przemieszczania, przy racjonalnych kosztach i zachowaniu odpowiedniego poziomu realizacji usług [2, 4, 9, 10]. Zgodnie z przyjętymi założeniami [4, 9] zakłada się, że:

- a) system logistyczny dla Polski (LSP) jest systemem połączonych ze sobą przepływami materiałowymi przedsiębiorstw oraz rynków zaopatrzenia i zbytu, w tym także rynków zagranicznych;
- b) LSP obejmuje swym zasięgiem całą gospodarkę, a terytorialnie obszar całego kraju;
- c) LSP jest systemem usługowym dla pozostałych sfer gospodarki (wydobywanie, produkcja itd.) i realizuje zadania, które wynikają z nadań i odbiorów ładunków występujących w poszczególnych sferach gospodarki;
- d) podstawowe zasoby LSP sprowadzają się zasadniczo do trzech elementów: podsystemu transportu zewnętrznego, podsystemu punktów obsługi ładunków oraz podsystemu organizacji i sieci przekazywania informacji.

Różnorodność infrastrukturalnych elementów systemu logistycznego wymaga przyjęcia systematyki ich opisu. Zalecany jest kilkuszczelbłowy opis określający rodzaje, odmiany i typy elementów systemu logistycznego.

Przyjmując, iż środki transportu są zdeterminowane parametrami infrastruktury (wymiar, ładowność, prędkość przemieszczania) i parametrami ekonomicznymi (koszty jednostkowe) wyróżnia się pięć rodzajów elementów systemu logistycznego [6]:

- punkty nadania (źródła potoku ładunków) –  $N$ ;
- punkty przejścia (zmiany rodzaju środka transportowego), konsolidacji, dekonsolidacji, składowania (uszlachetniania) ładunków wraz z towarzyszącą im infrastrukturą punktową transportu –  $P$ ;
- punkty odbioru (ujścia potoków ładunków) –  $O$ ;
- powiązania transportowe pomiędzy ww. punktami, występujące jako istniejąca infrastruktura liniowa transportu –  $T$ ;
- organizacja i sieć przekazywania informacji –  $S$ .

Zakłada się, że punkty nadania i odbioru potoków ładunków z reguły są punktami ciężenia dla otoczenia obiektów logistycznych takich, jak np. punkty przeładunkowe, centra logistyczne, terminale transportu intermodalnego itp. Zakłada się więc, że cały ruch powstaje i zmierza do tych obiektów. Zatem zapotrzebowanie na przemieszczanie ładunków może być realizowane z dowolnego obiektu na sieci transportowej, do innego

obiekty usytuowanego wzdłuż tego samego lub innego ciągu komunikacyjnego. W rzeczywistości dla tej samej relacji przewozu będą wybierane różne drogi przewozu, a co za tym idzie różne rodzaje transportu.

## 2.2. Punkty nadania – odbioru

Punktami nadania są miejsca lokalizacji źródeł surowcowych, zakładów przemysłowych, portów morskich, zakładów realizujących recykling. Realizowane procesy produkcyjne powodują zapotrzebowanie na urządzenia, części zamienne i surowce, a więc w tych samych lokalizacjach występują punkty odbioru od różnych nadawców. Wyroby przed nadaniem do przewozu są składowane (z wyraźną tendencją ograniczenia składowania), ładowane na środki transportowe z wykorzystaniem odpowiednio dobranych urządzeń ładunkowych. Tym samym operacjom, chociaż w odwróconej kolejności, poddawane są ładunki podczas odbioru.

Odmiany punktów nadania/odbioru są określane w zależności od tego, jakie produkty lub wyroby uczestniczą w procesie nadania lub odbioru (grupy asortymentowe). Urząd Statystyczny ewidencjonuje dane dotyczące wielkości produkcji 488 wyrobów pogrupowanych w 25 lub 16 jednorodnych grupach asortymentowych, które przedstawiono w tabelicy 1. Podział na grupy materiałowe wraz z przypisaniem jednostek ładunkowych, środków transportowych oraz niezbędnego wyposażenia infrastrukturalnego w obiektach logistycznych przedstawiono w tabelicy 2.

Typy punktów nadania – odbioru wyróżniają się rodzajami wyrobów umożliwiającymi ich produkcję, a także przyjmowanymi po dokonaniu przewozu oraz urządzeniami i technologią prac za- i rozładunkowych, bazującą na infrastrukturze tych punktów. Punkty nadania i odbioru mają konkretną lokalizację, a ich usytuowanie opisane jest współrzędnymi geograficznymi. Punkty te są źródłami potoku ładunków wychodzących i miejscem „gaszenia” potoków wchodzących. Na przykład, w grupie asortymentowej 2 jest to konkretna kopalnia węgla kamiennego w określonej miejscowości, opisana współrzędnymi geograficznymi, właściwą jej wielkością nadania ładunków do konkretnego odbiorcy i istniejącą infrastrukturą umożliwiającą nadanie tej wielkości.

Tablica 1

## Grupy asortymentowe

Nr grupy	Nazwa grupy	Nazwa grupy materiałowej
Grupa 1	Produkty rolnictwa, łowiectwa, leśnictwa, rybactwa i rybołówstwa	—
Grupa 2	Węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa i gaz ziemny	1. Węgiel kamienny i brunatny (lignit), torf 2. Ropa naftowa i gaz ziemny
Grupa 3	Rudy metali i pozostałe produkty górnictwa i kopalnictwa	3. Rudy metali 4. Surowce górnictwa pozostałe
Grupa 4	Produkty spożywcze, napoje i wyroby tytoniowe	5. Artykuły spożywcze i napoje 6. Wyroby tytoniowe
Grupa 5	Wyroby włókiennicze i odzież, skóry i produkty skórzane	7. Wyroby włókiennicze (tekstylia) 8. Odzież, wyroby futrzarskie 9. Skóry wyprawione i wyroby ze skór wyprawionych
Grupa 6	Drewno, wyroby z drewna i korka (bez mebli), wyroby ze słomy, papier, wyroby z papieru, wyroby poligraficzne oraz nagrania dźwiękowe	10. Drewno i wyroby z drewna oraz z korka, z wyłączeniem mebli, artykuły ze słomy i materiałów używanych do wyplatania 11. Masa włóknista, papier i wyroby z papieru
Grupa 7	Koks, brykiety i produkty rafinacji ropy naftowej	12. Koks, produkty rafinacji ropy naftowej i paliwo jądrowe
Grupa 8	Chemikalia, produkty chemiczne, włókna sztuczne, wyroby z gumy, tworzyw sztucznych, paliwo jądrowe	13. Chemikalia, wyroby chemiczne i włókna sztuczne 14. Wyroby z gumy i tworzyw sztucznych
Grupa 9	Wyroby z pozostałych surowców niemetalicznych	15. Wyroby z pozostałych surowców niemetalicznych
Grupa 10	Metale, wyroby metalowe gotowe (z wyłączeniem maszyn i urządzeń)	16. Metale 17. Wyroby metalowe gotowe, z wyłączeniem maszyn i urządzeń
Grupa 11	Maszyny, urządzenia, sprzęt elektryczny i elektroniczny	18. Maszyny i urządzenia, gdzie indziej nie sklasyfikowane 19. Maszyny biurowe i komputery 20. Maszyny i aparatura elektryczna, gdzie indziej niesklasyfikowana 21. Sprzęt i wyposażenie radiowe i telekomunikacyjne 22. Urządzenia oraz instrumenty medyczne, precyzyjne i optyczne, zegary i zegarki
Grupa 12	Sprzęt transportowy	23. Pojazdy samochodowe, przyczepy i naczepy 24. Sprzęt transportowy pozostały
Grupa 13	Meble, pozostałe wyroby gotowe	25. Meble, wyroby pozostałe, gdzie indziej niesklasyfikowane
Grupa 14	Surowce wtórne, odpady komunalne	26. Surowce wtórne, odpady komunalne
Grupa 15	Puste kontenery i opakowania	—
Grupa 16	Pozostałe	—

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS [1, 11].

Tablica 2  
**Podział grup towarowych, jednostek ładunkowych, środków transportowych oraz stosowanego wyposażenia**

Rodzaj ładunku wg klasyfikacji GUS		Jednostki ładunkowe ze względu na podatność transportową		Rodzaje środków transportowych ze względu na ładowność i rodzaj transportu		Rodzaj wyposażenia infrastrukturalnego obiektu logistycznego	
Numer grupy	Nazwa grupy materiałowej	Typ jednostki	Nazwa jednostki	Rodzaj transportu	Nazwa środka transportowego	Nazwa typu wyposażenia	
1.	Produkty rolnictwa, łowiectwa, leśnictwa, rybactwa i rybołówstwa		Sztuki, opakowania sztukowe	<b>Drogowy</b>	Dobór środków transportowych ze względu na rodzaj ładunku, postać transportową oraz potrzeby odbiorców, m.in. samochód dostawczy, samochód niskotonażowy, średnionieżowy oraz wysokotonażowy, ciągnik siodłowy z naczepą siodłową itp.	Wyposażenie pozwalające na zmianę rodzaju środka transportowego oraz na inne operacje, np. składowania, konsolidacji ładunków itp.	
2.	Węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa i gaz ziemny		Skrzynki, pojemniki z tworzywa sztucznych				
3.	Rudy metali i pozostałe produkty górnictwa i kopalnictwa		Worki				
4.	Produkty spożywcze, napoje i wyroby tytoniowe	<b>Jednostki sztukowe</b>	Bezki, butle, kegi, hoboki				
5.	Wyroby włókiennicze i odzież, skóry i produkty skórzane		Bele, rolki, bębny				
6.	Drewno, wyroby z drewna i korka oraz wyroby papiernicze		Pakiety, wiązki		Wyposażenie pozwalające na zmianę rodzaju środka transportowego oraz na inne operacje, np. terminal drogowy, terminale śródlądowe nabrzeżne, magazyn paletowy, magazyn klimatyzowany, plac składowania otwarty itp.		
7.	Koks, brykiety i produkty rafinacji ropy naftowej		Jlp 1200x800 mm	<b>Kolejowy</b> <sup>2</sup>	Dobór typu wagonów w zależności od rodzaju ładunku i postaci transportowych, m.in. węglarki, wagony zbiornikowe, wagony platformy, wagony kryte, cysterny itp.		
8.	Chemia, produkty chemiczne		Kosz transportowy standardowy				
9.	Wyroby z pozostałych surowców niemetalicznych		Paletopojemnik o podstawie jednostki standardowej paletowej				
10.	Metale, wyroby metalowe gotowe	<b>Jednostki standardowe</b>	Worki transportowe				
11.	Maszyny, urządzenia, sprzęt elektryczny i elektroniczny		Kontener uniwersalny ogólnego przeznaczenia do długości 20 stóp	<b>Wodny śródlądowy</b>	Dobór środków transportowych wodnych ładunków w zależności od rodzaju ładunków i postaci transportowych, np. barki typu Bi i Ai itp.	Wyposażenie pozwalające na zmianę rodzaju środka transportowego oraz na inne operacje, np. zbiorniki cieczy itp.	
12.	Sprzęt transportowy		Nadwozie wymienne				
13.	Mebel, pozostałe wyroby gotowe		Naczepy bimodalne	<b>Lotniczy</b>	Dobór środków transportu lotniczego w zależności od rodzaju ładunku i postaci transportowych, np. samolot transportowy o ładowności 65 ton itp.	Wyposażenie pozwalające na zmianę rodzaju środka transportowego oraz na inne operacje, np. skład celny itp.	
14.	Surowce wtórne, odpady komunalne	<b>Masowe – luzem</b>	Luzem – w tonach				
			Luzem – w metrach sześciennych Luzem – w litrach (hektolitrach)				

<sup>1</sup> Podział zgodny z podziałem przyjętym w opracowaniu GUS „Transport – wyniki działalności ...” [1].

<sup>2</sup> Uwaga! Nie dokonuje się rozróżnienia środków transportu kolejowego ze względu na rodzaj wykorzystanej lokomotywy lub zespołu napędowego.

### 2.3. Punkty przejścia

Punktami przejścia są takie elementy systemu logistycznego, w którym jest możliwa jedna lub kilka z następujących czynności: zmiana rodzaju środka transportowego, konsolidacja, dekonsolidacja, uszlachetnienie, składowanie ładunków przewożonych od nadawcy do odbiorcy. W zależności od rozmiarów wykonywanej pracy i stopnia rozwinięcia ich infrastruktury, można wyróżnić następujące odmiany punktów przejścia: punkty przeładunkowe, terminale, centra logistyczne (te ostatnie stanowią najbardziej rozwiniętą odmianę punktów przejścia). Poszczególne typy punktów przejścia dzielą się w zależności od rodzaju środków transportu jakie mogą obsłużyć oraz wielkości wykonywanej pracy na:

- punkty przeładunkowe jednego rodzaju transportu,
- punkty przeładunkowe dwóch rodzajów transportu,
- punkty przeładunkowe trzech rodzajów transportu,
- terminale jednego rodzaju transportu,
- terminale dwóch rodzajów transportu,
- terminale trzech rodzajów transportu,
- terminale czterech rodzajów transportu,
- centra logistyczne z rozwiniętym magazynowaniem,
- centra logistyczne z rozwiniętą komplectacją i magazynowaniem,
- centra logistyczne z rozwiniętą produkcją przemysłową.

Punkty przejścia poszczególnych typów są konkretnie zlokalizowane, a ich usytuowanie jest opisane współrzędnymi geograficznymi.

### 2.4. Powiązania transportowe

Realizowanie przewozu ładunków (przepływ potoku ładunków) pomiędzy punktami nadania, przejścia i odbioru jest możliwe jedynie przy istnieniu powiązań transportowych (istniejącej infrastrukturze liniowej transportu). Wyróżnia się następujące odmiany powiązań transportowych: drogami samochodowymi, liniami kolejowymi, drogami wodnymi śródlądowymi i korytarzami powietrznymi.

W zależności od stopnia rozwinięcia infrastruktury liniowej transportu, występują następujące typy powiązań transportowych:

- jednym rodzajem transportu, np. tylko drogą samochodową,
- dwoma rodzajami transportu, np. drogą samochodową i linią kolejową,
- trzema rodzajami transportu,
- czterema rodzajami transportu.

W przypadku powiązań kilku rodzajami transportu występuje problem doboru rodzaju transportu. W zależności od przyjętego kryterium oceny (pod względem czasu przewozu, kosztu przewozu lub jakości przewozu) można wybrać optymalny rodzaj

transportu pomiędzy punktami nadania, przejścia i odbioru i zależnie od uzyskanego wyniku określić, jaki rodzaj transportu na poszczególnych powiązaniach zastosować.

## 2.5. Sieć przekazywania informacji

Sieć przekazywania informacji składa się z:

- z informatyzowanych baz danych poszczególnych punktów nadania, przejścia i odbioru,
- z informatyzowanych baz danych poszczególnych powiązań transportowych,
- łączy komunikacyjnych pomiędzy ww. bazami,
- centralnej bazy danych systemu logistycznego.

## 2.6. Wieloszczeblowa systematyka elementów systemu logistycznego

Ze względu na różnorodność zadań i złożoność procesów realizowanych w systemie logistycznym, zdefiniowano różne odmiany (typy) poszczególnych elementów. Sprecyzowano funkcje, jakie poszczególne elementy mogą pełnić w procesie przemieszczania ładunków. Funkcje te wynikają przede wszystkim z typu przekształceń dokonywanych na strumieniach ładunków, a zasadniczo związanych ze składowaniem, transportem oraz wszelkiego rodzaju przetwarzaniem [6]. Ogólną ideę podziału wszystkich elementów systemu logistycznego przedstawiono w tablicy 3.

Do przemieszczania ładunków w krajowym systemie logistycznym wykorzystuje się różne środki transportowe. Oznacza to, że wzrost efektywności systemu logistycznego dla Polski można osiągnąć przede wszystkim przez racjonalne wykorzystanie infrastruktury transportowej. Wpływa to zarówno na koszty obsługi logistycznej (transport, magazynowanie itp.) oraz na jakość wykonywanych zadań.

Możliwość dostosowania poszczególnych elementów infrastruktury do realizacji zadań jest uwarunkowana charakterystykami tych elementów, np. zdolnościami przewozowymi poszczególnych rodzajów transportu, kosztami przewozu według rodzajów transportu, czy też zdolnościami obsługowymi tradycyjnych oraz intermodalnych punktów przeładunkowych lub przystosowaniem punktów nadań i odbioru ładunków do obsługi za pomocą poszczególnych rodzajów transportu.



Tablica 3

## Wieloszczeblowa systematyka elementów systemu logistycznego

Element systemu (Kryterium podziału)	Infrastruktura punktowa transportu			Infrastruktura liniowa transportu	Organizacja i sieć przekazywania informacji (S)
	Punkty nadania (N)	Punkty przejścia (P)	Punkty odbioru (O)		
Odmiana, typ, rodzaj elementu systemu logistycznego					
Element systemu logistycznego	Ze względu na specyfikę realizowanych branż produkcyjnej, np.: – przedsiębiorstwa wydobywcze, – zakłady produkcyjne, – punkty recyklingu – inne.	Ze względu na specyfikę realizowanych przekształceń, np.: – punkty przeładunkowe, – terminalne transportu intermodalnego – centra logistyczne, – inne.	Ze względu na specyfikę branż produkcyjnej: – zakłady przemysłowe, – porty morskie, obiekty logistyczne, – inne.	Ze względu na rodzaj transportu, tj.: – samochodowe, – kolejowe, – wodne śródlądowe, – lotnicze, – inne.	Ze względu na rodzaj transportu
Odmiany elementów logistycznego systemu	Podział przedsiębiorstw ze względu na zidentyfikowane branże	Podział ze względu na realizowane zadania i możliwość obsługi różnych rodzajów transportu	– Punkty graniczne, – rodzaje zakładów przemysłowych zidentyfikowane ze względu na branże, – punkty przejścia, – inne.	Typ ze względu na możliwość wykorzystania łączonych form transportu, np. przewozy multimodalne, intermodalne, inne.	Rodzaje baz danych ze względu na typ infrastruktury punktowej oraz infrastruktury liniowej transportu
Typy elementów logistycznego systemu	– Pojemność magazynu, – nośność urządzeń przeładunkowych, – przepustowość ładunkowa, – wielkość przeładunków, – stopień wykorzystania przepustowości, – inne.	– Pojemność magazynu, – nośność urządzeń przeładunkowych, – przepustowość ładunkowa, – wielkość przeładunków, – stopień wykorzystania przepustowości, – inne.	– Pojemność magazynu, – nośność urządzeń ładunkowych, – przepustowość ładunkowa, – czas operacji ładunkowych, – wielkość odbioru ładunków, – stopień wykorzystania przepustowości.	– Nacisk na oś, – skrajnia ładunkowa, prędkość, – przepustowość, – czas przewozu, – koszt przewozu, ładunków, – obciążenie potokiem ładunków, – inne.	– Pojemność baz danych, – obciążenie baz (stopień wykorzystania), – przepływność łączy, – obciążenie łączy, – pojemność centralnej bazy, – obciążenie, – inne.
Parametry wskaźniki logistycznego systemu	– Pojemność magazynu, – nośność urządzeń ładunkowych, – przepustowość ładunkowa, – wielkość przeładunków, – stopień wykorzystania przepustowości, – inne.	– Pojemność magazynu, – nośność urządzeń przeładunkowych, – przepustowość ładunkowa, – wielkość przeładunków, – stopień wykorzystania przepustowości, – inne.	– Pojemność magazynu, – nośność urządzeń ładunkowych, – przepustowość ładunkowa, – czas operacji ładunkowych, – wielkość odbioru ładunków, – stopień wykorzystania przepustowości.	– Nacisk na oś, – skrajnia ładunkowa, prędkość, – przepustowość, – czas przewozu, – koszt przewozu, ładunków, – obciążenie potokiem ładunków, – inne.	– Pojemność baz danych, – obciążenie baz (stopień wykorzystania), – przepływność łączy, – obciążenie łączy, – pojemność centralnej bazy, – obciążenie, – inne.

Źródło: opracowano na podstawie [6]

### 3. ODWZOROWANIE STRUKTURY SYSTEMU LOGISTYCZNEGO

#### 3.1. Odwzorowanie elementów systemu

Elementy systemu transportowego stanowiące obiekty stałe, np. połączenia drogowe, kolejowe, morskie, lotnicze itp., definiują powiązania między punktami nadania, przetwarzania i odbioru ładunków, określając w ten sposób strukturę systemu transportowego, a zatem podstawową strukturę systemu logistycznego. Zgodnie z wcześniej przyjętymi założeniami, istotne znaczenie w prawidłowej realizacji przepływu potoków ładunków w wymiarze krajowym, będzie miała infrastruktura [4, 5, 6, 9]:

- liniowa: istniejące połączenia transportowe (np. kolejowe, drogowe, morskie, lotnicze itp.),
- punktowa: wyodrębnione przestrzennie obiekty służące do obsługi ładunków (np. punkty przeładunkowe, centra logistyczne, terminale transportu intermodalnego itp.) wraz z wyposażeniem,
- informatyczna: wszelkie środki przekazu, standardy wymiany danych i środki zabezpieczające ich przepływ,
- odpowiednie środki transportu zdeterminowane parametrami infrastruktury i parametrami ekonomicznymi.

Ogólnie strukturę systemu logistycznego przedstawia graf  $G = \langle W, L \rangle$  [6, 9], gdzie:

$W$  – zbiór elementów systemu logistycznego;  $W = \{i; i = 1, W\}$ ,

$L$  – zbiór powiązań transportowych między elementami systemu logistycznego,

$L \subset W \times W$ .

W celu zdefiniowania wyróżnionych w tablicy 3 elementów systemu logistycznego założono, że na zbiorze  $W$  zadane jest odwzorowanie  $\alpha$  przeprowadzające elementy tego zbioru w elementy zbioru  $\{0,1,2\}$ , tj.:

$$\alpha: W \longrightarrow \{0,1,2\},$$

przy czym jeżeli  $\alpha(i)=0$ , element o numerze  $i$  ( $i \in W$ ) jest punktem nadania ładunku, jeżeli  $\alpha(i)=1$ , wówczas element o numerze  $i$  ( $i \in W$ ) jest punktem odbioru ładunku, jeżeli natomiast  $\alpha(i)=2$ , wtedy element o numerze  $i$  ( $i \in W$ ) jest punktem przejścia ładunku.

Biorąc pod uwagę powyższe, wyróżniono trzy rodzaje zbiorów elementów  $SL$ , tj.: zbiór punktów nadania (źródła) ładunków:  $N = \{i \in N_{pn}; \alpha(i)=0, pn=1, \dots, ND\}$ , zbiór punktów odbioru (ujść) ładunków  $O = \{i \in O_{pd}; \alpha(i)=1, pd=1, \dots, PD\}$  i zbiór numerów punktów przejścia (obiektów logistycznych), w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków  $P = \{i \in P_{pr}; \alpha(i)=2, pr=1, \dots, OL\}$ .

Zgodnie z wcześniej przyjętymi założeniami (tablica 1), wśród zbioru punktów nadań potoków ładunków można wyróżnić m.in.:

- zbiór numerów źródeł surowców zdefiniowanych jako zbiór  $N1=\{n1_s; s=1, \dots, S\}$ ,
- zbiór numerów zakładów przemysłowych zdefiniowanych jako zbiór  $N2=\{n2_z; z=1, \dots, Z\}$ ,
- zbiór numerów punktów recyklingu zdefiniowanych jako zbiór  $N3=\{n3_r; r=1, \dots, R\}$ .  
Zatem zbiór  $N$  będzie sumą zbiorów  $N1, N2, N3$ , tj.  $N=N1 \cup N2 \cup N3$ . Podobnie wśród zbioru  $P$  punktów przejścia potoków ładunków, możemy wyróżnić m.in.:
- zbiór numerów punktów przeładunkowych  $P1=\{p1_l; l=1, \dots, L\}$  zidentyfikowanych w zależności od liczby obsługiwanych rodzajów transportu,
- zbiór numerów terminali  $P2=\{p2_{tp}; tp=1, \dots, TP\}$  zidentyfikowanych w zależności od liczby obsługiwanych rodzajów transportu,
- zbiór numerów centrów logistycznych  $P3=\{p3_c; c=1, \dots, C\}$  zidentyfikowanych w zależności od możliwości realizowanych zadań.

Zbiór  $P$  będzie sumą zbiorów  $P1, P2, P3$ , tj.  $P=P1 \cup P2 \cup P3$ .

W zbiorze  $O$  punktów odbioru potoków ładunków wyróżniono m.in.:

- zbiór numerów przejść granicznych  $O1=\{p1_g; g=1, \dots, PG\}$  zidentyfikowanych w zależności od rodzaju transportu,
- zbiór numerów zakładów przemysłowych  $O2=\{p2_{zp}; zp=1, \dots, ZP\}$  zidentyfikowanych w zależności od branży,
- zbiór numerów obiektów logistycznych  $O3=\{p3_{ol}; ol=1, \dots, OL\}$  zidentyfikowanych w zależności od rodzaju.

Zbiór  $O$  będzie sumą zbiorów  $O1, O2, O3$ , tj.  $O=O1 \cup O2 \cup O3$ .

Między wyróżnionymi elementami systemu logistycznego, tj.:

- punktami nadania strumieni ładunków a punktami przejścia,
- wyróżnionymi punktami przejścia (obiektami logistycznymi),
- punktami przejścia a punktami odbioru strumieni ładunków,

eksploatowane są różnego rodzaju połączenia transportowe, np. transportu drogowego, kolejowego, wodnego śródlądowego i lotniczego itp. Zbiór połączeń transportowych wyraża się zbiorem:

$$TRZ=\{T_{tr}; tr \in \{k, s, ws, l, m, in\}\},$$

przy czym rodzajami transportu uczestniczącymi w transporcie ładunków mogą być: transport kolejowy ( $T_k$ ); transport samochodowy ( $T_s$ ), wodny śródlądowy ( $T_{ws}$ ); transport lotniczy ( $T_l$ ), transport morski ( $T_m$ ), inny ( $T_{in}$ ) – rurociągowy, koleje linowe itp. Między określonym punktem nadania lub punktem odbioru a obiektem logistycznym może istnieć wiele połączeń transportowych, dlatego w modelu należy uwzględnić kombinacje różnych form transportu, również obecnie słabo rozwinięte w Polsce rodzaje transportu takie, jak: wodny śródlądowy czy lotniczy.

Istotnym elementem z punktu widzenia opracowywanego modelu systemu logistycznego jest baza danych i organizacja tworzona na potrzeby właściwego kształtowania

racjonalizacji potoków ładunków na sieci transportowej. Wśród zbioru baz danych i organizacji możemy wyróżnić:

- zbiór numerów baz danych związanych z punktową infrastrukturą transportu, tj. zbiór postaci:  $SBP=\{b1_i; i \in W\}$ ,
- zbiór numerów baz danych związanych z liniową infrastrukturą transportu, tj. zbiór postaci:  $SBL=\{b2_{Tr}; T_{tr} \in TRZ\}$ ,
- zbiór numerów łączów komunikacyjnych pomiędzy bazami danych, tj. zbiór postaci:  $SBPL=\{b3_{lk}; lk=1, \dots, LK\}$ ,
- zbiór centralnej bazy danych  $CBZ$ .

### 3.2. Parametry elementów systemu logistycznego

Parametryzacja elementów struktury systemu logistycznego wymaga wskazania wartości parametrów dla każdego elementu systemu logistycznego i możliwości ich pozyskania. Rodzaje parametrów charakteryzujących poszczególne elementy systemu logistycznego przedstawiono w tablicy 3. Zestaw parametrów i ich systematyka pozwala w jednolity, konsekwentny i sparametryzowany sposób ustalić składowe systemu logistycznego.

Na procesy przepływu ładunków w sieci transportowej mają wpływ parametry infrastruktury liniowej oraz infrastruktury punktowej. Parametrami infrastruktury liniowej są:

- dopuszczalny nacisk na oś, dopuszczalna masa całkowita, dopuszczalna wyporność,
- dopuszczalne wymiary skrajni ładunkowej ograniczające wymiary przemieszczanych ładunków,
- parametry geometryczne trasy (pochylenia podłużne, promienie łuków,
- prędkości projektowe i dozwolone, umożliwiające określenie w zależności od doboru rodzaju taboru ładunkowego, środków trakcyjnych, ciężaru i oporów ruchu – tzw. przejazdów analitycznych i wyznaczenie na ich podstawie:
  - czasu przejazdu na określonym wektorze grafu,
  - przepustowości na poszczególnych wektorach grafu.

Parametrami infrastruktury punktowej są:

- pojemność punktów przeładunkowych (liczba pojazdów, które jednocześnie mogą przebywać w punkcie),
- powierzchnia składowania i dopuszczalny nacisk na podłoże,
- nośność urządzeń ładunkowych,
- wydajność punktu przeładunkowego,
- czas przejścia ładunku przez punkt ładunkowy,
- koszt przejścia ładunku przez punkt ładunkowy itp.

Jak wcześniej zaznaczono, wymienione poszczególne parametry infrastruktury są w różnym stopniu zmienne w czasie. Zmienność ta wynika z trwających ciągle procesów:

- modernizacji i rozbudowy (na przykład dobudowa pasa ruchu na drodze, likwidacja skrzyżowania jednopoziomowego itp.),
  - utrzymania infrastruktury podczas eksploatacji, kiedy jej destrukcja w wyniku obciążenia ruchem, przy brakach środków na utrzymanie powoduje obniżenie wartości parametrów technicznych infrastruktury (ograniczenia prędkości, nacisku itp.).
- Dla poszczególnych elementów infrastruktury zarówno punktowej, jak i liniowej niezbędne jest zdefiniowanie wektorów funkcji charakteryzujących te elementy.

### 3.3. Wykorzystanie parametrów infrastruktury

Przytoczone w punkcie 3.2. parametry infrastruktury liniowej i punktowej transportu pozwalają odpowiedzieć na następujące dwa pytania:

1. Czy analizowany ładunek może być przewożony po danej trasie i przez dane punkty nadania, przejścia i odbioru?
2. W jakim czasie analizowany ładunek może być przewieziony po danej trasie i może przejść przez dane punkty nadania, przejścia i odbioru?

Parametry umożliwiające odpowiedź na pierwsze pytanie można nazwać **parametrami sprawdzającymi** możliwość przewozu ładunków. Dla infrastruktury liniowej są nimi, np.:

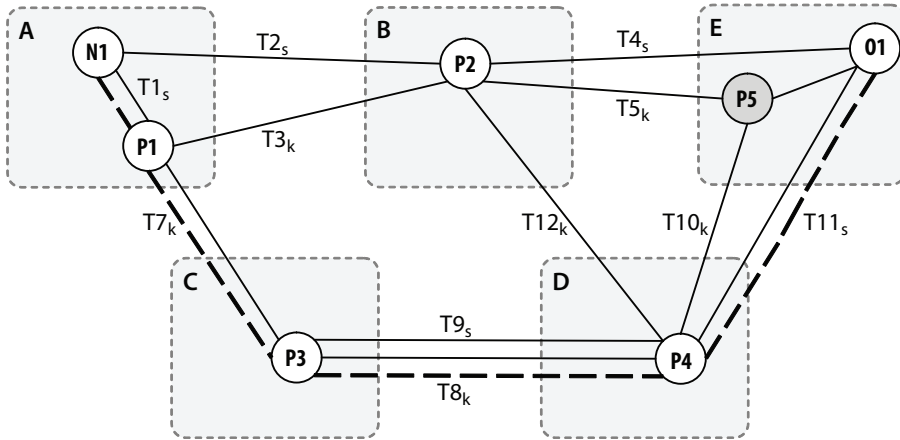
- dopuszczalny nacisk na oś, który jest porównywany z naciskiem na oś przy przewozie badanego ładunku,
- dopuszczalne wymiary skrajni ładunkowej, które są porównywane z wymiarami skrajni ładunkowej na odpowiednim środku transportowym,
- stopień niewykorzystanej przepustowości drogi, linii, który porównany z wielkością badanego ładunku, pozwala sprawdzić możliwość przewozu lub brak możliwości na takiej drodze.

Parametry umożliwiające odpowiedź na drugie pytanie można nazwać **parametrami wyboru drogi** według czasu przewozu ładunków. Dla infrastruktury liniowej są nimi, np.:

- parametry geometryczne trasy,
- prędkości dozwolone, które wraz z rodzajem taboru, środków trakcyjnych, masy pojazdu i oporów ruchu pozwalają realizować tzw. przejazdy analityczne określające czas przejazdu na zadanej trasie.

Analogiczny podział parametrów można przeprowadzić w odniesieniu do infrastruktury punktowej.

Wykorzystanie parametrów infrastruktury transportu do badania przepływu ładunków wyjaśni analiza wyboru drogi na wybranym schemacie fragmentu sieci transportowej (rys. 1). Na analizowanym fragmencie sieci oznaczono punkty nadania ( $N_{pn}$ ), przejścia ( $P_{pr}$ ) i odbioru ( $O_{pd}$ ) zlokalizowane w pięciu miejscowościach A, B, C, D, E opisanych współrzędnymi geograficznymi oraz połączenia transportowe  $T_{tr}$  łączące wyróżnione miejscowości [5].



Rys. 1. Schemat fragmentu sieci transportowej

Pierwszym krokiem badania przepływu ładunków jest porównanie parametrów sprawdzających. Załóżmy, że w wyniku tego porównania, zamierzony ładunek nie może być przewożony po linii kolejowej  $T3_k$  oraz nie może przechodzić przez punkt P5. Pozostają wówczas do rozważenia następujące drogi (tzw. łańcuchy transportowe):

$$\begin{aligned} L1 &= \langle N1, T2_s, P2, T4_s, O1 \rangle, \\ L2 &= \langle N1, T1_s, P1, T7_k, P3, T9_s, P4, T11_s, O1 \rangle, \\ L3 &= \langle N1, T1_s, P1, T7_k, P3, T8_k, P4, T11_s, O1 \rangle, \\ L4 &= \langle N1, T2_s, P2, T12_k, P4, T11_s, O1 \rangle. \end{aligned}$$

Przyjmując, że:

- czas załadunku u nadawcy w miejscowości A wynosi  $t_{N1}$
  - czas jazdy samochodem od nadawcy w miejscowości A do punktu przejścia w miejscowości A wynosi  $t_{T1_s}$
  - czas jazdy samochodem od nadawcy w A do punktu przejścia w B wynosi  $t_{T2_s}$
  - czas przeładunku w punkcie przejścia w B wynosi  $t_{P2}$
  - czas jazdy samochodem pomiędzy punktem przejścia w B do odbiorcy w E wynosi  $t_{T4_s}$
  - czas jazdy koleją pomiędzy punktami przejścia w miejscowościach A, B, C, D, E wynosi odpowiednio  $t_{T3_k}$ ,  $t_{T7_k}$ ,  $t_{T8_k}$ ,  $t_{T10_k}$ ,  $t_{T5_k}$
- wówczas czasy przewozu ładunków od nadawcy do odbiorcy po zdefiniowanych drogach z punktu nadania N1 do punktu odbioru O1 będą odpowiednio równe:

$$\begin{aligned} t1 &= t_{N1} + t_{T2_s} + t_{P2} + t_{T4_s} + t_{O1} \\ t2 &= t_{N1} + t_{T1_s} + t_{P1} + t_{T7_k} + t_{P3} + t_{T9_s} + t_{P4} + t_{T11_s} + t_{O1} \\ t3 &= t_{N1} + t_{T1_s} + t_{P1} + t_{T7_k} + t_{P3} + t_{T8_k} + t_{P4} + t_{T11_s} + t_{O1} \\ t4 &= t_{N1} + t_{T2_s} + t_{P2} + t_{T12_k} + t_{P4} + t_{T11_s} + t_{O1} \end{aligned}$$

Jeżeli  $\min\{t_1, t_2, t_3, t_4\} = t_3$ , wówczas czas  $t_3$  jest czasem minimalnym spośród pozostałych. Oznacza to, że badany ładunek ze względu na czas powinien być przewożony po trasie  $L_3$  oznaczonej na rysunku 1 przerywaną linią.

## **4. PRZEGLĄD ISTNIEJĄCYCH ZINFORMATYZOWANYCH BAZ DANYCH ZAWIERAJĄCYCH PARAMETRY INFRASTRUKTURY TRANSPORTU NA POTRZEBY MODELU SL**

### **4.1. Infrastruktura transportu kolejowego**

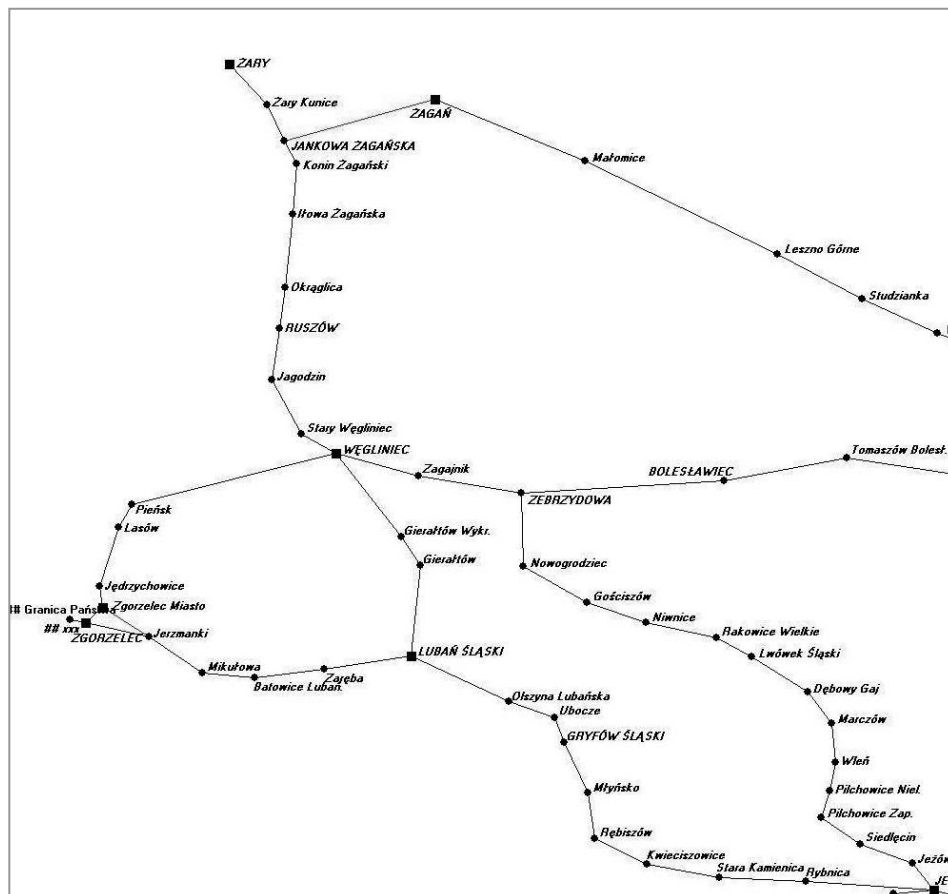
#### **4.1.1. Infrastruktura liniowa**

Wykorzystując rozwiązania stosowane na kolejach francuskich, niemieckich, angielskich, kanadyjskich i amerykańskich oraz na podstawie analizy potrzeb własnych, PKP opracowało system kierowania pracą i zarządzania (SKPZ). PKP Informatyka Sp.z o.o. po szczegółowym przetestowaniu systemu, realizuje między innymi następujące aplikacje możliwe do wykorzystania opisu infrastruktury w modelu systemu logistycznego:

1. Prowadzenie opisu sieci (POS) pozwalającej na tworzenie i aktualizację wartości parametrów opisujących sieć PKP i wybrane elementy sieci kolei obcych. POS jest jedynym miejscem na PKP, w którym są nadawane kody obiektom i dystrybuowane do innych systemów. Korzystają z nich spółki grupy PKP przez dedykowane im aplikacje. Obiekty wraz kodami są przekazywane do systemów międzynarodowych firmowanych przez UIC, gdzie jest prowadzona baza ENEE zawierająca wykazy kodów stacji, przejść granicznych i innych obiektów zrzeszonych w niej zarządów kolei. Aktualizacja wartości parametrów zawartych w POS jest dokonywana co trzy miesiące.
2. Grupę aplikacji tworzenia rozkładu jazdy, którego projektowanie jest oparte na metodyce Summit – D:
  - konstruowanie wykresów ruchu (KWR) umożliwiających opracowanie rozkładu jazdy na podstawie zamówień na pociągi oraz obliczone czasy jazdy dla każdego pociągu,
  - obliczenia trakcyjne czasów przejazdów pociągów (jazda forsowna i energooszczędna) i badanie możliwości przeprowadzenia zamówionego pociągu określoną lokomotywą.
3. Ewidencja pojazdów trakcyjnych (EPT) – tworzenie i aktualizacja bazy danych o pojazdach trakcyjnych.
4. Ewidencja wagonów (EWAG) – tworzenie i aktualizacja bazy danych o wagonach PKP.
5. Śledzenie wagonów i przesyłek na sieci PKP (ŚLEDŹ), w tym między innymi system kierowania pracą stacji (SKPS).

**Uwaga dodatkowa:** aplikacje wspomagające tworzenie rozkładu jazdy umożliwiają dostęp do cenników PKP PLK S.A., pozwalających obliczyć koszt udostępnienia infrastruktury kolejowej i opracowania rozkładu jazdy dla pociągu. Dla PKP CARGO S.A. prowadzony jest na bieżąco wykaz ich punktów taryfowych i odległości między nimi. PKP INTERCITY Sp. z o.o. ma zintegrowany z POS system KURS 2008, w którym można zarządzać punktami taryfowymi w ruchu pasażerskim oraz odległościami taryfowymi. Sieć kolejowa jest podzielona na regiony, które dzięki przypisaniu współrzędnych geograficznych do obiektów, można przedstawić w postaci grafu (rysunek 2). Baza danych POS zawiera następujące dane:

- charakterystykę linii,
- prędkość maksymalną,
- nacisk,
- obiekty eksploatacyjne,
- szlaki,



Rys. 2. Fragment grafu sieci kolejowej PKP zastosowany w POS



- tory stacyjne,
- styczność z innymi liniami,
- podstacje trakcyjne,
- urządzenia srk,
- przejazdy kolejowe,
- ograniczenia prędkości wskazane przez semafor,
- drogi hamowania,
- uzbrojenie techniczne torów stacyjnych,
- profil podłużny torów,
- położenie w planie,
- ograniczenia dopuszczalnych nacisków i prędkości maksymalnych.

#### **4.1.2. Infrastruktura punktowa**

Dane o parametrach infrastruktury punktowej są rozproszone i w dużym stopniu nie ujednoczone. Opracowywane są one głównie na etapie projektowania punktów przeładunkowych lub magazynów, czasami tylko względnie systematycznie weryfikowane w trakcie eksploatacji punktów przez właścicieli tych obiektów. Wydajności punktów są na ogół ograniczone do bieżących potrzeb wynikających z potoku ładunków lub ze względu na nie zakończenie inwestycji. Rzadko są zaprojektowane (i zrealizowane) z perspektywą odpowiadającą prognozowanym potokom w dłuższym przedziale czasu.

Wykorzystanie tych danych na potrzeby modelu systemu logistycznego powinno być poprzedzone opracowaniem metodyki zapewniającej ujednoczenie zasad określania wartości parametrów. Sprawą do rozstrzygnięcia jest ustalenie sposobu rejestracji i aktualizacji tak pozyskanych zbiorów danych w odstępach czasu, odpowiadającym aktualizacji wartości parametrów infrastruktury liniowej.

## **4.2. Infrastruktura transportu samochodowego**

### **4.2.1. Infrastruktura liniowa**

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad prowadzi i aktualizuje szczegółowe dane techniczne charakteryzujące drogi krajowe. Zinformatyzowana baza danych nawiązuje do współrzędnych geograficznych (analogicznie jak na PKP) i zawiera:

- parametry techniczne odcinka drogi (klasa techniczna, nośność, szerokości: jezdni, pobocza, opaski, pasów awaryjnych, pasów dzielących, chodnika, pasa zieleni, ścieżki rowerowej, jezdni zbierająco-rozprowadzającej, zatok autobusowych, zatok postojowych, torowiska, peronów przystanków, korony drogi, rodzaj i lokalizacja odwodnień, łuki poziome, pochylenia i łuki pionowe, skrzyżowania, obiekty inżynierskie i promy, skrajnia drogowa);
- dane dotyczące obiektów mostowych;

- usytuowanie: nad ciekim, nad drogą, nad koleją, nad terenem, możliwość przekroczenia przeszkody: w poziomie torów, w bród, dane o jezdni: szerokość, liczba pasów, skrajnia dla ruchu: szerokość, wysokość, szerokość chodnika,
- układ statyczny obiektów mostowych,
- rozpiętości teoretyczne przęseł,
- rok budowy,
- normatyw, według którego zaprojektowano obiekt,
- klasa obciążenia,
- aktualna nośność użytkowa,
- liczba dźwigarów w przekroju poprzecznym ustroju niosącego,
- ocena stanu technicznego: pomostu, dźwigarów, podpór.

Określenie, a więc i ewidencjonowanie w bazie danych czasu przejazdu dla poszczególnych odcinków dróg pomiędzy węzłami grafu nastęcza znaczne trudności. Zarządca drogi parametru tego nie ewidencjonuje. Informacje o czasie przejazdu mogą znajdować się u przewoźników dla często używanych przez nich tras przejazdu własnym taborem. Największe doświadczenie w tym zakresie, a więc i dane posiadała Państwowa Komunikacja Samochodowa. Dotyczyły one czasu przejazdu autobusów. Po usamodzielnieniu się Oddziałów PKS dane te zostały rozproszone.

Zróżnicowanie taboru samochodowego zmusza do tego, aby ewentualne opracowanie przejazdów analitycznych (przez analogię do kolei) i określanie na tej podstawie czasu przejazdu, dotyczyło grup najczęściej używanego taboru. W USA zaobserwowano silny związek czasu przejazdu (prędkości) z natężeniem ruchu [6], co komplikuje obliczanie czasu jazdy.

Z problemem tym ściśle wiąże się sprecyzowanie wartości przepustowości w różnych miejscach drogi (na przykład przed węzłami, pomiędzy węzłami, na skrzyżowaniach). Uznaje się, iż przepustowość drogi jest największa przy prędkości pojazdu 50 km/h. Problemy te wymagają pogłębionych analiz i badań w aspekcie praktycznego wykrzystania modelu systemu logistycznego.

#### **4.2.2. Infrastruktura punktowa**

Komentarz zamieszczony w rozdziale 4.1.2. (dotyczy infrastruktury transportu kolejowego) przez analogię odnosi się w pełni do infrastruktury punktowej transportu samochodowego.

### **4.3. Infrastruktura transportu lotniczego**

#### **4.3.1. Infrastruktura liniowa**

Ze względu na procedury, nie było możliwe głębsze rozpoznanie dotyczące zakresu, miejsca chronienia i aktualizacji bazy danych dotyczących parametrów infrastruktury transportu lotniczego. Istnieje uzasadnione przekonanie, że część danych znajduje się w Agencji Ruchu Lotniczego. Inne dane, głównie czasy przejazdu i przepustowość

w punktach charakterystycznych opracowują i chronią dla własnych celów przewoźnicy lotniczy. Wymaga to bliższego zbadania, ujednoczenia i zapewnienia sposobu bieżącej aktualizacji danych w przyszłości na potrzeby praktycznego wykorzystywania modelu systemu logistycznego.

Warto zwrócić uwagę, że przepływ ładunków w transporcie lotniczym jest silnie powiązany z przewozem pasażerów. Przewozy lotnicze CARGO odbywają się bowiem w około 50% samolotami transportowymi, a w około 50%, samolotami pasażerskimi wraz z przewozem pasażerów, z różnym stopniem wykorzystania samolotu do przewozu ładunku (przy większej frekwencji pasażerów stopień wykorzystania do przewozu ładunku jest mniejszy).

### **4.3.2. Infrastruktura punktowa**

Komentarz zamieszczony w rozdziale 4.1.2. (dotyczy infrastruktury transportu kolejowego) przez analogię odnosi się w pełni do infrastruktury transportu lotniczego.

## **4.4. Infrastruktura żeglugi śródlądowej**

Podobnie jak w przypadku infrastruktury transportu lotniczego, nie udało się dokładnie rozpoznać zakresu, miejsc chronienia i aktualizacji bazy danych zawierającej wartości parametrów infrastruktury żeglugi śródlądowej. Panuje przekonanie, iż po 1989 r. nikt tych danych nie zabezpiecza wskutek przeprowadzonych zmian organizacyjnych w gospodarce wodnej i u armatorów żeglugowych. Nie jest jednak wykluczone, iż przynajmniej część danych można uzyskać w Krajowym Zarządzie Gospodarki Wodnej lub dla poszczególnych dróg wodnych u eksploatujących je armatorów. Czasy przejazdu były bowiem kalkulowane przez armatorów w celu określania efektywności ekonomicznej wznawianych przewozów żeglugą śródlądową. Wymaga to więc bliższego zbadania, ujednoczenia i zapewnienia bieżącej aktualizacji danych w przyszłości.

## **4.5. Przegląd istniejących zinformatyзовanych baz danych zawierających wartości parametrów infrastruktury transportu na potrzeby modelu SL w Polsce**

W odniesieniu do infrastruktury liniowej istnieją już skomputeryzowane bazy danych, np. bazy danych PKP PLK prowadzone przez PKP Informatykę oraz DGDkIA prowadzone przez Biuro Rozwoju Sieci Drogowej. Niestety, wymienione bazy danych nie zawsze są ze sobą kompatybilne. Bazy danych zawierające parametry infrastruktury powinny być prowadzone w układzie współrzędnych geograficznych punktowych i liniowych elementów infrastruktury transportowej obsługującej system logistyczny. Umożliwi to przenoszenie i wykorzystywanie wartości parametrów przy praktycznym posługiwaniu się modelem LSP. Ponadto uzyskiwane wyniki z modelu będą poprawne dla okresów odpowiadających aktualizacji baz danych. Zestawione w tablicy 4 wyniki przeglądu

wskazują, że istnieją dobrze zorganizowane, z informatyzowane bazy danych zawierające pewne wielkości  $X$ , bieżąco aktualizowane i opisane w systemie współrzędnych geograficznych (bazy żyjące własnym życiem), z których w sposób trwały można zasilać opracowany model systemu logistycznego dla praktycznego jego wykorzystywania. Pozostaje jednak duża liczba danych o różnym stopniu aktualności, które niewątpliwie istnieją i są rozproszone w wielu miejscach we wskazanej Agencji, Zarządzie, u przewoźników, właścicieli obiektów (magazynów i punktów przeładunkowych). Skorzystanie z nich wymaga opracowania metodyki zapewniającej ujednoczenie wartości parametrów różnie opisywanych w obecnej dokumentacji, szczególnie dotyczących infrastruktury punktowej, a następnie zapewnienia aktualizacji zbiorów tych danych w odstępach czasu do wykorzystania w modelu systemu logistycznego w Polsce.

Tablica 4

#### Zestawienie dostępności niezbędnych parametrów technicznych infrastruktury do kształtowania procesu przepływu ładunków w istniejących bazach danych

Rodzaj parametru		Rodzaj transportu			
		Kolejowy	Samochodowy	Lotniczy	Żegluga śródlądowa
Parametry infrastruktury liniowej	Dopuszczalny nacisk na oś, ładowność, wyporność $X_1$	BDC <sup>1</sup>	BDC <sup>2</sup>	BDR <sup>3</sup>	BDC <sup>6</sup>
	Dopuszczalne wymiary skrajni ładunkowej $X_2$	BDC <sup>1</sup>	BDC <sup>2</sup>	BDR <sup>3</sup>	BDR <sup>3</sup>
	Parametry geometrii trasy $X_3$	BDC <sup>1</sup>	BDC <sup>2</sup>	BDR <sup>5</sup>	BDC <sup>6</sup>
	Dopuszczalna prędkość, głębokość tranzytowa $X_4$	BDC <sup>1</sup>	BDR <sup>3</sup>	BDR <sup>3,5</sup>	BDR <sup>3</sup>
	Czasy przejazdu $X_5$	BDC <sup>1</sup>	BDR <sup>3</sup>	BDR <sup>3,5</sup>	BDR <sup>3</sup>
	Przepustowość $X_6$	BDC <sup>1</sup>	BDR <sup>3</sup>	BDR <sup>3,5</sup>	BDR <sup>3</sup>
	Odstępy czasu w jakich baza danych jest obecnie aktualizowana	Co 3 miesiące	Co 1 rok	Brak jednolitych zasad	Mało aktualne
Rodzaj parametru		Kolejowy	Samochodowy	Lotniczy	Żegluga śródlądowa
Parametry infrastruktury punktowej	Pojemność punktów przeładunkowych $Y_1$	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>3</sup>
	Powierzchnia składowania $Y_2$	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>3</sup>
	Nośność urządzeń ładunkowych $Y_3$	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>3</sup>
	Wydajność punktu przeładunkowego $Y_4$	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>3</sup>
	Czas przejścia $Y_5$	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>4</sup>	BDR <sup>3</sup>
	Odstępy czasu w jakich baza danych jest aktualizowana	Brak jednolitych zasad	Brak jednolitych zasad	Brak jednolitych zasad	Brak jednolitych zasad

Legenda:

BDC – bazy danych zcentralizowane, BDR – bazy danych rozproszone, w dyspozycji:

<sup>1</sup> PKP Informatyka; <sup>2</sup> Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad (tylko drogi krajowe, dla pozostałych rodzajów dróg w odpowiednich Zarządach Dróg); <sup>3</sup> przewoźnicy; <sup>4</sup> właściciele i dysponenty infrastruktury; <sup>5</sup> Agencja Ruchu Lotniczego; <sup>6</sup> Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej.

## 5. WNIOSKI

Z przeprowadzonej analizy można wnioskować, iż w celu zapewnienia danych o parametrach infrastruktury transportu umożliwiających praktyczne wykorzystanie modelu systemu logistycznego niezbędne jest:

- 1) zaprojektowanie grafu sieci transportowej z zastosowaniem współrzędnych geograficznych i określenie wymaganych parametrów infrastruktury opisujących łuki i węzły grafu;
- 2) ustalenie z właścicielami istniejących baz danych i aplikacji sposobu przejmowania i wykorzystywania danych z istniejących zcentralizowanych i zinformatyзовanych baz danych;
- 3) po uzgodnieniu z zainteresowanymi, uporządkowanie, rozproszonych baz danych, zapewnienie ich prowadzenia i aktualizacji oraz ustalić sposób przejmowania i wykorzystywania danych.

Główne obszary decyzji strategicznych, dla których opracowywany model będzie stanowił narzędzie wspomagające to:

- 1) problematyka lokalizacji punktów modalnych sieci transportowej, takich jak np. centra logistyczne, punkty przeładunkowe lub terminale transportu intermodalnego;
- 2) budowa połączeń transportowych różnych rodzajów oraz o różnych charakterystykach;
- 3) modernizacja dróg kołowych i linii kolejowych, powodująca zmianę ich parametrów technicznych,
- 4) zmiana zasad organizacji ruchu (np. zamknięcie linii kolejowej dla ruchu towarowego).

Zastosowanie opracowywanego modelu LSP według przyjętych założeń, powinno umożliwiać wykonanie analizy wpływu powyższych decyzji strategicznych na rozkład ruchu oraz związane z tym wskaźniki komodalności transportu.

## BIBLIOGRAFIA

1. *Analiza oceny wpływu ukształtowania centrów logistycznych na komodalność transportu w zakresie obsługi przedsiębiorstw produkcyjnych, wydobywczych i rynków zbytu*. Poznań, Instytut Logistyki i Magazynowania, czerwiec 2010.
2. Daganzo C. *Logistics systems analysis*. Berlin; New York, Springer, 1999.
3. *Highway Capacity Manual – Highway Research Board*. Special Report 87. Washington, 1965.
4. Jacyna M.: *Modelowanie i ocena systemów transportowych*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2009.
5. Jacyna M.: *Modelowanie wielokryterialne w zastosowaniu do oceny systemów transportowych*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2001.

6. Jacyna M.: *Wybrane aspekty koncepcji modelu systemu logistycznego Polski ze względu na komodalność transportu*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Prace Naukowe „Transport”, z. 75, 2010.
7. Kisperska-Moroń D., Krzyżaniak St.: *Logistyka*. Biblioteka Logistyka. Poznań, 2009.
8. *Logistyka transportu towarowego w Europie – klucz do zrównoważonej mobilności*. Komunikat Komisji Wspólnot Europejskich do Rady, Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 28.6.2006.
9. *Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w UE*. Sprawozdanie merytoryczne z zadania 1 i 7. Kierownik projektu M. Jacyna. Warszawa, 2010.
10. Simchi-Levi D. Simchi-Levi E.: *Logistics Systems Modeling. Handbook of Industrial Engineering*. 3rd edition, published by John Wiley Sons, 2007.
11. *Transport – wyniki działalności w 2005/2006/2007/2008 r.* Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2006/2007/2008/2009.